

การพัฒนากระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นจากเศษแก้ว

Development of Cement Floor Tiles from Cullet

ชูเกียรติ ชูสกุล¹ ดุสิต ชูพันธ์² สุพร ฤทธิภักดี³ ขวัญชีวา หยงสตาร์⁴ และสุนันท์ มนต์แก้ว⁵

Chookiat Choosakul¹ Dusit Chupun² Suporn Rititpuakdee³ Khwanchiwa Yongsata⁴ and Sunun Monkaew⁵

1-3 สาขาวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80210
Department of Engineering, College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat 80210

4 สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง 92150
Department of Engineering Technology, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang, 92150

5 สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10300
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok 10300

1 Corresponding Author: E-mail: chookiat56@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสมบัติของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นผสมเศษแก้ว 2) พัฒนาสมบัติกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นด้วยเศษแก้ว 3) หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการแทนที่ทรายด้วยเศษแก้วในการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นโดยใช้เศษแก้วสีขามาแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์: ทราย เท่ากับ 1 : 3 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ (W/C) ได้จากการทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ ขึ้นรูปด้วยแบบหล่อขนาด 40 x 40 x 4 เซนติเมตร ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นเปรียบเทียบกับ มอก. 826-2531

ผลของการศึกษาพบว่า เมื่ออัตราส่วนการแทนที่ของเศษแก้วเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำและความต้านทานแรงดัดตามขวางมีแนวโน้มลดลง และมีค่าความทนทานต่อการขัดสีที่สูงขึ้น ทั้งนี้ทุกอัตราส่วนการผสมมีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 826-2531 โดยการแทนที่ทรายของเศษแก้วสามารถพัฒนาสมบัติของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นได้ในด้านการดูดซึมน้ำ และความทนทานต่อการขัดสี อัตราส่วนที่ดีที่สุดในการศึกษาครั้งนี้คือ ร้อยละ 30 ซึ่งมีค่าความหนาแน่น ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางสภาพแห้ง และค่าความทนทานต่อการขัดสี ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 2,406 กก./ม.3 4.82% 5.44 เมกะพาสคาล และ 0.05 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น เศษแก้ว ความต้านทานแรงดัดตามขวาง

Abstract

The objectives of this research were to: 1) study the properties of cement floor tiles mixed by brown cullet, 2) develop the cement floor tiles from cullet, and 3) find the appropriate ratio of sand and cullet on making the cement floor tiles. The process started by using brown cullet to

replace sand at the ratio of 0, 10, 20 and 30 percent by weight. The cement and sand ratio was determined at 1: 3 by weight. The water-cement ratio (W/C) was obtained from the mortar flow test. It was also formed in a 40 x 40 x 4 cm mold. Physical and mechanical properties of cement floor tiles were studied based on TIS 826-2531.

The results of the study showed that as the replacement ratio of the cullet increased, the density increased while the water absorption and the transverse flexural strength tended to decrease with higher value of abrasion resistance. All blending ratios passed TIS 826-2531 standard. By replacing brown cullet for sand, the properties of the cement floor tile were improved in terms of water absorption and resistance to abrasion. The best ratio in this study was 30 percent, with the density, water absorption, transverse flexural strength dry condition and the abrasion resistance at 28 days was 2,406 kg/m³, 4.82%, 5.44 MPa and 0.05 g, respectively.

Keywords : cement floor tiles, cullet, transverse flexural strength

1. บทนำ

ขยะมูลฝอยเป็นปัญหาใหญ่ในเขตชุมชนเมืองและประเทศ ซึ่งสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีได้มีการประดิษฐ์ และพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกของมนุษย์ ซึ่งแก้วเป็นวัสดุผิวเรียบ แข็งใส แต่เปราะบางแตกร้าวง่าย เป็นขยะที่ไม่ย่อยสลาย แต่นำไปรีไซเคิลได้ ที่นิยมได้แก่ ขวดแก้วต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำอัดลม ขวดสุรา ขวดเบียร์ ขวดโซดา ขวดน้ำปลา ขวดซอส ขวดเครื่องดื่มบำรุงกำลังต่าง ๆ ในแต่ละวันมีขวดแก้วที่ใช้แล้วไม่ต่ำกว่า 1 ล้านใบ ถูกทิ้งให้เป็นขยะ จากข้อมูล ในปี 2557 จะพบว่าประเทศไทยมีขยะมูลฝอยประเภทแก้ว 2,367,459 ตัน โดยมีการนำกลับมาใช้ใหม่เพียงร้อยละ 59 และเหลือทิ้งเป็นขยะมูลฝอยถึง ร้อยละ 41 [1] (กรมทดแทนพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน, 2557) และนับวันจะมีปริมาณขยะจากเศษแก้วเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต ทำให้มีการรณรงค์การนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาทุกหลวที่มีเศษแก้วเป็นส่วนผสมมีความพรุนตัวลดลง และแข็งแรงขึ้น [2] กำลังรับแรงอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ที่ใช้เศษแก้วเป็นส่วนผสมแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 20 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ใกล้เคียงกับจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ควบคุม [3]

กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะเป็นวัสดุสามารถใช้ปรับพื้นที่ ทำให้ดูสวยงาม และยังสามารถนำมาออกแบบลวดลายได้หลากหลายตามความต้องการตามผู้ใช้งาน กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นก็ถือว่าเป็นวัสดุหนึ่งที่นิยมเลือกใช้ เพราะเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน รองรับน้ำหนักได้ดีโดยคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ตามอุตสาหกรรมกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น มอก.826-2531 [4]

ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดในการนำเศษแก้วเป็นวัสดุผสมแทนที่ทราย ในการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อพัฒนาสมบัติของของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น รวมทั้งเป็นแนวทางในการนำวัสดุเหลือทิ้งมาเป็นประโยชน์เพื่อลดปัญหาการเพิ่มของปริมาณขยะเศษแก้ว และลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสมบัติของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นผสมเศษแก้ว

2.2 เพื่อพัฒนาสมบัติกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นด้วยเศษแก้ว

2.3 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการแทนที่ทรายด้วยเศษแก้วในการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตรา SCG โดยมีคุณสมบัติตาม มอก. 15 เล่ม 1 [5] มีค่าความกว้างจำเพาะเท่ากับ 3.10

2) ทราย จากร้านค้าวัสดุก่อสร้างในอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

3) เศษแก้ว เป็นเศษแก้วที่ได้จากการนำขวดแก้วสีขามาล้างทำความสะอาด แล้วนำเข้าเครื่องอัดขยะรีไซเคิล (แนวตั้ง) ดังแสดงในภาพที่ 1 เพื่อลดขนาด ให้มีขนาดโตสุดไม่เกิน 4.75 มิลลิเมตร โดยใช้การร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 จะได้เศษแก้วบด ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 เครื่องอัดขยะรีไซเคิล (แนวตั้ง)



ภาพที่ 2 เศษแก้วสีขาบด

4) น้ำ ใช้น้ำประปาจากห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.2 การออกแบบอัตราส่วนผสม

งานวิจัยนี้ ในการออกแบบอัตราส่วนการผสม

ของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก [6] ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) จากการทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ตาม ASTM C 230 [7] แทนที่ทรายด้วยเศษแก้วในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักของทราย [8] อัตราส่วนผสมของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น ดังแสดง

ในตารางที่ 1 ขึ้นรูปกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นด้วยแบบหล่อขนาด 40 x 40 x 4 เซนติเมตร กระทั่งทำให้แน่นด้วยมือเมื่ออัดขึ้นรูปแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบจากนั้น

นำกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นไปบ่มในสภาพอากาศปกติ โดยไม่มีการบ่มด้วยน้ำ เพื่อให้เหมือนกับสภาพการผลิตจริง ก่อนที่จะนำไปทดสอบตามระยะเวลาที่ต้องการ

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นต่อ 1 แผ่น

ตัวอย่าง	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C)	อัตราส่วนผสม (กก.)			
		ปูนซีเมนต์	ทราย	เศษแก้ว	น้ำ
Control	0.40	3.84	11.52	0	1.54
Cu-10	0.38	3.84	10.37	1.15	1.46
Cu-20	0.36	3.84	9.22	2.30	1.38
Cu-30	0.35	3.84	8.06	3.46	1.34

หมายเหตุ: Control = กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นควบคุม
Cu-10 = กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นแทนที่ทรายด้วยเศษแก้วร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

3.3 กระบวนการทดสอบ

1) ทดสอบสมบัติทางกายภาพของมวลรวม (ทราย และเศษแก้ว)

ก) ทดสอบความถ่วงจำเพาะสภาพอิ่มตัวแห้ง (Saturated Surface Dry, SSD) และการดูดซึมน้ำของมวลรวม ตาม ASTM C128 [9]

ข) ทดสอบหน่วยน้ำหนัก และช่องว่าง ตาม ASTM C29 [10]

ค) ทดสอบขนาดคละ และโมดูลัสความละเอียด ตาม ASTM C136 [11]

2) ทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางกลของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น

ก) ทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน ตาม มอก. 378-2531 [12]

ข) ทดสอบค่าความหนาแน่นที่อายุ 28 วัน ตาม ASTM C138 [13]

ค) ทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพแห้งที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ตาม มอก. 378-2531 [12]

ง) ทดสอบความทนการขัดสีที่อายุ 28 วัน ตาม มอก. 38-2531 [14]

4. ผลการวิจัย

4.1 สมบัติทางกายภาพของมวลรวม

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของมวลรวม ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะทราย และเศษแก้ว มีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานของมวลรวมทั่วไป มีค่า 2.40-2.90 [15] ค่าความถ่วงจำเพาะของเศษแก้ว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aikulola, O.A. & Sanni, H.A. ที่พบว่า เศษแก้วมีขนาดเล็กกว่าทรายเล็กน้อย สำหรับค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการดูดซึมน้ำของทรายและเศษแก้ว มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.69 และ 0.24 ตามลำดับ ซึ่งค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานของมวลรวมทั่วไปซึ่งต้องไม่เกินร้อยละ 0.70 [16] โดยเศษแก้วจะมีความพรุนต่ำกว่าทราย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tittarelli, F., Giosue, C. & Mobili, A. ที่พบว่า ค่าหน่วยน้ำหนักของหินฝุ่น และทรายมีค่าเท่ากับ 2025 และ 1675 กก./ม.3 มีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานของมวลรวมทั่วไป [17] ค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายและเศษแก้วเท่ากับ 3.16 และ 3.08 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C33 [18] ที่กำหนดความละเอียดของมวลรวมอยู่ในช่วงระหว่าง 2.3 ถึง 3.2 สอดคล้องกับค่าความถ่วงจำเพาะ ซึ่งแสดงว่าทรายมีความละเอียดน้อยกว่าเศษแก้ว โดยขนาดคละของทั้งทรายและเศษแก้วเป็นไปตาม ASTM C33 [18]

4.2 สมบัติทางกายภาพและทางกลของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของมวลรวม

วัสดุ	ค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.)	ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	หน่วยน้ำหนัก (กก./ม. ³)	โมดูลัสความละเอียด (F.M.)
ทราย	2.60	0.69	1,596	3.16
เศษแก้ว	2.63	0.24	1,610	3.08

จากตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพมวลรวมของทราย และเศษแก้ว ซึ่งเศษแก้วมีสมบัติทางกายภาพและทางกล แทนที่ทรายทุกอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปได้ตามที่ต้องการ ทั้งหมด จากการตรวจพินิจลักษณะทั่วไปพบว่า กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นทุกอัตราส่วนมีความเรียบและหนาเท่ากัน ไม่แตกร้าว ได้ฉลากและขอบคม สามารถนำไปใช้งานจริงได้

1) ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรและการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 3 ค่าความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น

ตัวอย่าง	ค่าความหนาแน่น (กก./ม. ³)	ค่าการดูดซึมน้ำ (%)
Control	2,260	7.27
Cu-10	2,306	5.95
Cu-20	2,316	5.63
Cu-30	2,406	4.82

ค่าความหนาแน่นของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นดังแสดง ในตารางที่ 3 พบว่ากระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นที่มีอัตราส่วนของ เศษแก้วมากจะมีความหนาแน่นสูง เนื่องจากค่าความถ่วง จำเพาะของเศษแก้วสูงกว่าทรายจึงทำให้ตัวอย่างมีค่า ความหนาแน่นสูงขึ้น ส่วนด้านการดูดซึมน้ำ เมื่อผสม เศษแก้วในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้การดูดซึมน้ำลดลง แปรผกผันกับค่าความหนาแน่น ทั้งนี้เนื่องเศษแก้วมี ขนาดเล็กกว่าทรายจึงเข้าไปแทรกทำให้ช่องว่างหรือโพรง ของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น นอกจากนีผิวเศษแก้ว

มีความเรียบทำให้บริเวณรอยต่อระหว่างเศษแก้วกับเนื้อ ปูนแบบสนิทกันจึงลดช่องว่างในเนื้อซีเมนต์โพสต์สอต กับงานวิจัยของจักรกฤษณ์ สุนทรานุรักษ์และดนุพล ตันนโยภาส [19] จากการพิจารณาการดูดซึมน้ำตาม มอก. 826-2531[4] ที่กำหนดไม่เกินร้อยละ 10 ปรากฏว่า กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นทุกอัตราส่วนการผสมผ่านเกณฑ์ ดังกล่าว

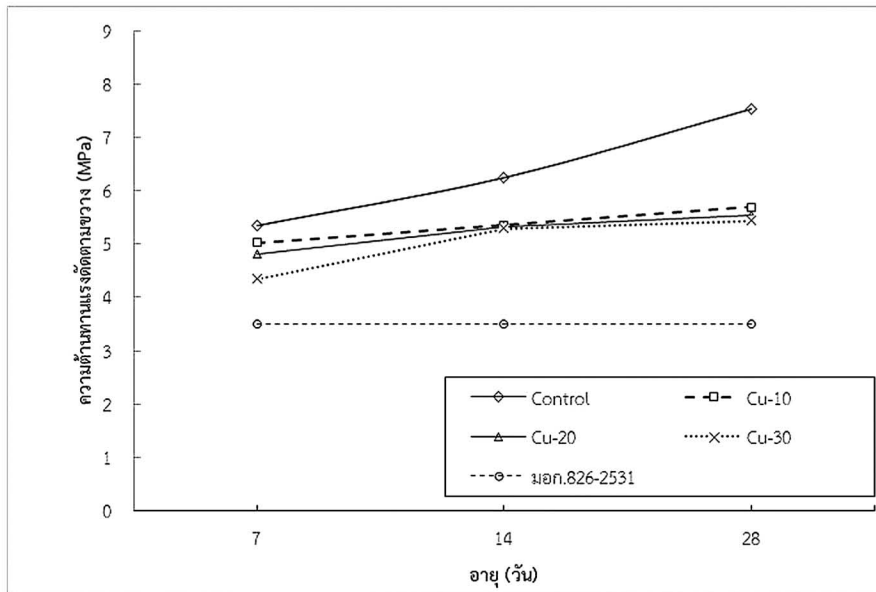
2) ความต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพแห้ง

ตารางที่ 4 ความต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพแห้งของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น

ตัวอย่าง	ความต้านทานแรงดัดตามขวาง (MPa) (ร้อยละ)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	5.34 (100)	6.25 (100)	7.55 (100)
Cu-10	5.03 (94)	5.35 (86)	5.70 (75)
Cu-20	4.82 (90)	5.33 (85)	5.55 (74)
Cu-30	4.34 (81)	5.29 (85)	5.44 (72)

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพแห้งของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ความต้านทานแรงดัดลดลงตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นของเศษแก้วแทนที่ทราย สาเหตุมาจากยัดเกาะที่ไม่ดี

ระหว่างเศษแก้วกับซีเมนต์เพสต์ แม้ว่าเศษแก้วจะบดแตกแล้วแต่ผิวด้านนอกยังเรียบกว่าทราย ซึ่งมีส่วนทำให้ความแข็งแรงในการยัดเกาะน้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Meddah, M, S. [20]

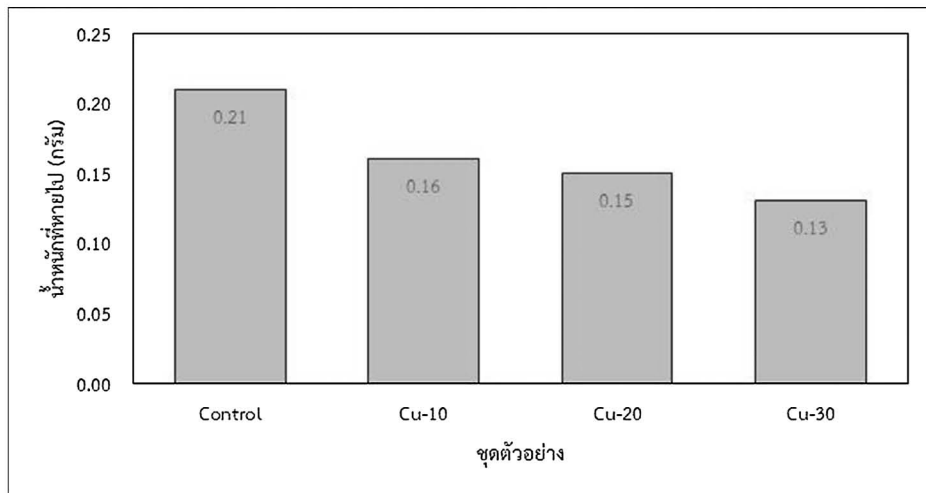


ภาพที่ 3 ความต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพแห้งของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นตามอายุการบ่ม

ความต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพแห้งดังภาพที่ 3 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม ความต้านทานแรงดัดตามขวางเป็นค่าที่มีความสำคัญที่สุดในการนำไปใช้งาน ซึ่งตาม มอก.826-2531 กำหนดให้ค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพแห้งต้องไม่ต่ำกว่า 3.5 เมกะพาสคัล ดังนั้นผลความต้านทานแรงดัดตามขวางของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นตามปรากฏในภาพที่ 2 พบว่าผ่านเกณฑ์ทุกอัตราส่วนการผสม โดยกระเบื้องซีเมนต์ควบคุมมีค่าสูงที่สุด

3) ความทนการขีดสี

ความทนการขีดสีของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า น้ำหนักที่หายไปของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นมีแนวโน้มลดลงตามอัตราการเพิ่มขึ้นของเศษแก้ว แสดงว่าเมื่อเพิ่มเศษแก้วจะทำให้กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นมีความทนการขีดสีเพิ่มขึ้น เนื่องจากเศษแก้วมีความต้านทานการขีดสีสูงกว่าทราย เมื่อพิจารณา กับ มอก. 826-2531 ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 1.0 กรัม พบว่าทุกอัตราส่วนการผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว



ภาพที่ 4 ความทนการดูดสีของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นชุดตัวอย่าง

5. สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาสมบัติของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นโดยใช้เศษแก้วสีเทาแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1: 3 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับ มอก. 826-2530 ครั้งนี้ สรุปได้ว่า

1) เศษแก้วส่งผลดีต่อสมบัติของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นในด้านความหนาแน่นเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ลดการดูดซึมน้ำ และค่าความทนการขัดสีเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางจะด้อยลง โดยทุกอัตราส่วนการผสมมีสมบัติเป็นไปตาม มอก. 826-2531

2) เศษแก้วสามารถพัฒนาสมบัติด้านการดูดซึมน้ำและความทนการขัดสีให้กับกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นสามารถลดปัญหาจากขยะเหลือทิ้งจากเศษแก้ว และเป็นแนวทางในการนำเศษแก้วไปใช้ประโยชน์ทางวิศวกรรม

3) เมื่อพิจารณาสมบัติเปรียบเทียบกับ มอก. 826-2531 พบว่ากระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นให้เศษแก้วแทนที่ทรายอัตราส่วนร้อยละ 30 เหมาะสมที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีความหนาแน่นเท่ากับ 2,406 กก./ม.3 ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 4.82 ค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพแห้งเท่ากับ 5.44 เมกะพาสคาล และค่าความทนการขัดสีเท่ากับ 0.13 กรัม

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรมีการทำวิจัยกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นที่มีผสมเศษแก้วแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่มากกว่านี้
- 2) ควรมีการทำวิจัยการนำเศษแก้วไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อเพิ่มสมบัติและมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์
- 3) ควรศึกษาถึงการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในการบดเศษแก้ว เพื่อใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้นต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้เป็นอย่างดี ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และห้องทดสอบ จากหลักสูตร วิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และใคร่ขอบคุณ นายศุภวัฒน์ จันทรวงศ์ นายปรีชาวุฒิ บรรณะ และนายพศวัต อุมนต์ ที่ช่วยเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). [ออนไลน์]. การจัดการขยะมูลฝอย. [สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2563]. จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/waste.html.
- [2] รัฐบาลฯ. (2560). การใช้เศษแก้วเพื่อลดความพรุนของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านทุ่งหลวง ตำบลทุ่งหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี. เอกสารการประชุมสัมมนานำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ. ครั้งที่ 17. 2331-2341.
- [3] สังสรรค์ วงศ์ไชยรัตน์, จักรพันธ์ กาวิละ, ณัฐพงศ์ ดำรงวิริยะนภาพ, ธนากร ภูเงินคำ, สกวรรณ ห่านจิตสุวรรณ์ และปริญญา จินดาประเสริฐ. (2559). กำลังรับแรงอัดของซีโพลิเมอร์มอร์ตาร์ผสมเศษแก้ว. เอกสารการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี. ครั้งที่ 11. MAT-150-MAT-155.
- [4] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2531). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น. มอก. 826-2531. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [5] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2555). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 เกณฑ์กำหนดคุณภาพ. มอก. 15 เล่ม 1-2555. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [6] อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ และประพัฒน์ สีใส. (2558). ศึกษาวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารจากขยะอุตสาหกรรมประเภทจากตะกรันเหล็ก. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- [7] American Society for Testing and Materials. (2005). ASTM C 203. Standard Specification for Flow Table for Use in Test of Hydraulic Cement. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Vol. 04.01.
- [8] Bisikirske, D., Blumberga, D., Vasarevicius., S. & Skripiunas. G. (2019). Multicriteria Analysis of Glass Waste Application. Environmental and Climate Technologies. Vol. 23 No.1. 152-167.
- [9] American Society for Testing and Materials. (1996). ASTM C128: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, Vol. 04.02.
- [10] American Society for Testing and Materials. (2001). ASTM C29: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, Vol. 04.02.
- [11] American Society for Testing and Materials. (2001). ASTM C136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, Vol. 04.02.
- [12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2531). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น. มอก. 378-2531. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [13] American Society for Testing and Materials. (2011). ASTM C138/C138M-10. Standard Test Method for Density ("Unit Weight"), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, Vol. 04.02.
- [14] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2531). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องดินเผาไม่เสกมอก. 38-2531. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [15] ชูเกียรติ ชูสกุล. (2559). คอนกรีตเทคโนโลยี ทฤษฎีและปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทริปปี้ลกรุ๊ป จำกัด.

- [16] Aikulola, O.A. & Sanni, H.A. (2014). A Study of Strength Characteristics of Recycled Glass (Cullets) in Concrete Floor Tiles Production. Civil and Environmental Research. Vol.6 No.12. 66-72.
- [17] Tittarelli, F., Giosue, C. & Mobili, A. (2018). Recycled Glass as Aggregate for Architectural Mortars. International Journal of Concrete Structures and Materials. Vol.12 No.1. 1-11.
- [18] American Society for Testing and Materials. (2011). ASTM C33: Standard Specification for Concrete Aggregates. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, Vol. 04.02.
- [19] จักกฤษณ์ สุนทรานุรักษ์ และดนุพล ตันนโยภาส. (2557). การพัฒนากำลังและความคงทนต่อซัลเฟตของคอนกรีตใสมวลรวมเศษขวดแก้วใสผสมขาน้อย. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. ปีที่ 10 ฉบับที่ 1. 63-75.
- [20] Meddah, M, S. (2019). Use of Waste Window Glass as Substitute of Natural Sand in Concrete Product. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2019, 603, 032011.